

ハイドロフォンデータを用いた上流域の土砂流出状況の評価手法に関する提案

株式会社 建設環境研究所 ○富田 邦裕、叶 正興、重村 一馬
京都大学防災研究所 藤田 正治、堤 大三

1.はじめに

ハイドロフォンを用いた掃流砂量観測については、検知可能な粒径範囲の問題や検知率、衝突率等の検討がなされており、一定精度の観測が可能となっている。

一方、近年は土砂災害が頻発しており、ハードな砂防施設だけでは被害を抑えることができず、流域監視やリアルタイムでの流出土砂情報の早期取得と関係機関等への伝達により、警戒避難システムを整備して被害軽減を図る必要性が高まっている。このため、警戒・避難情報への利用も考えてリアルタイムで掃流砂の状況が観測できるハイドロフォンデータの活用や、中長期的な土砂流出の状態把握と、その評価にハイドロフォンデータの履歴を整理・分析して実施する方法等が考えられる。

本稿では、近年、富士川砂防、利根川水系砂防管内で実施された流砂量観測結果より得られた知見をもとに、ハイドロフォンデータにより上流域の土砂流出状況を評価する方法について検討したので報告するものである。

2. 富士川砂防管内におけるハイドフォン等の流砂量観測の実施状況

富士川砂防管内の早川・釜無川流域で、平成 22 年にハイドロフォン、濁度計、水位計による流砂量観測装置(国総研方式)が設置され、現在、図-1 に示す 7 地点で継続的な流砂量観測が行われている。

平成 24 年度には、大武川第 50 床固工において、従来の観測機器に加えて、ロードセル付き土砂捕捉ピット、流速計等を増設し、様々な観測方法やデータから流砂量について検討出来る体制が整備された。また、平成 26 年度には、ヨーロッパ等で使われている振動センサーを活用したプレート型のジオフォンの観測を参考に、春木川の栃原堰堤でもプレート型のハイドロフォンが設置され、平成 27 年度から観測が開始される予定である(図-3)。

3. ハイドロフォンによる掃流砂量観測データの現状について

ハイドロフォン観測データ(水深、単位幅掃流砂量 q_b)を用いて、一般的な掃流砂量式より求めた無次元掃流力(τ^*)と無次元掃流砂量(q_b^*)の関係を理論曲線と比較すると、図-4 に示すとおり、観測値の解析に用いた代表粒径(d)の大きさによって両者の関係が大きく違うことがわかる。ここに、 d_{60} および d_{90} は出水時でない通常時の河床材料の粒度分布調査結果による。出水中の河床材料の粒度分布を正確に把握することは困難であるが、両粒度分布に大きな隔たりがあることが図4に反映されていると考えられる。



図-1 流砂量観測位置図

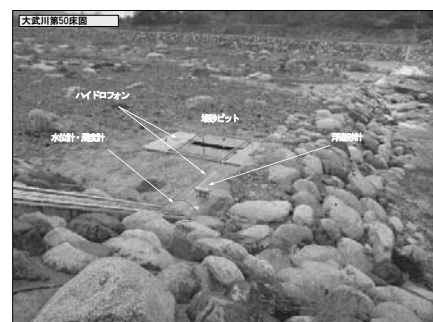


図-2 大武川計測器設置状況

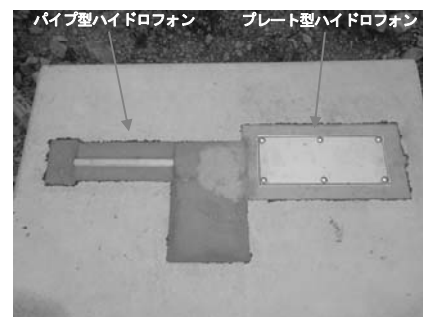


図-3 栃原堰堤プレート型ハイドロフォン

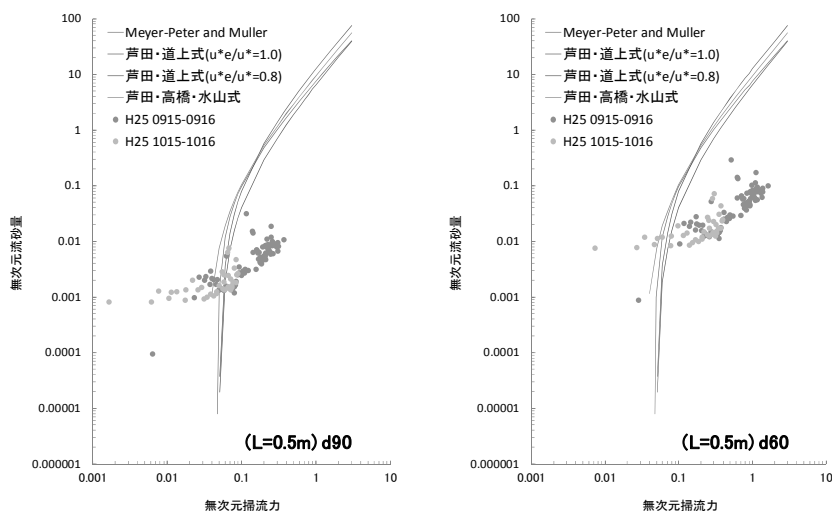


図-4 観測値と理論式の比較

そこで、この問題を逆手にとって、出水中の河床材料の粒度分布を推定し、それと2つの両極端な粒度分布、すなわち生産土砂の細粒分を多く含むものとアーマールコートが十分に発達した粒度分布と比較することで、流域の土砂流出の状況を把握することが可能であると考えた。これを以下のP-A曲線による土砂流出状況の評価方法として提案する。

4. 流域の土砂流出状況の推定方法の提案

4.1 P-A 曲線の考え方

砂防河川区間で掃流砂量の計測値と理論値を比べると大きな差が見られる場合がある。その原因のひとつは計算に用いる土砂粒径と出水中の実測値に差異があることが影響していると考えられる。また、河床材料の分布は空間的にもばらつきが多く、正確に粒度分布を調べるのが難しい。ここでは、これを逆に利用して出水中の河床材料の粒度分布を観測値と理論値から推定し、その粒度から土砂流出の状況をモニタリングする方法を提案した。

つまり、河床材料の粒度分布は、一般には生産土砂の粒度分布(P: Production)と発達したアーマールコートの粒度分布(A: Armaring)の間にある。生産土砂の粒度分布を流域で一つに決めることはできないが、ここでは平均的な粒度分布とする。出水中の河床材料がP線に近ければ土砂生産・流出量が多く荒廃した条件、一方、A線に近ければ土砂流出が少ない状態を表す。A線とP線のどちらに近いかで流域の状況を知ることができると考えた。

4.2 観測データによる検証事例

提案する手法について適応性の検討を行うため、流砂量データが比較的継続的に取れており、かつ上流域の土砂生産状況が明確な箇所として富士川砂防管内の大武川と利根水系砂防管内の鎌田地点について整理した(図-6、図-7)。

ここで、仮に土砂生産が活発な曲線(P線)は、ハイドロフォンの検知可能とされているdが5mmとし、土砂生産が少ない曲線は、観測地点周辺の河床材料調査で得られた粒径分布曲線のd90相当粒径を用いた。

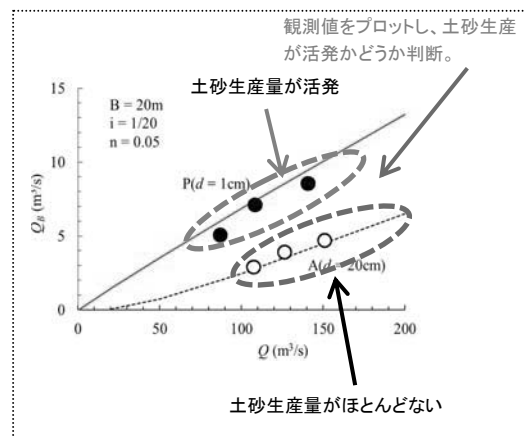


図-5 流砂量観測結果による土砂流出状況判定概念図

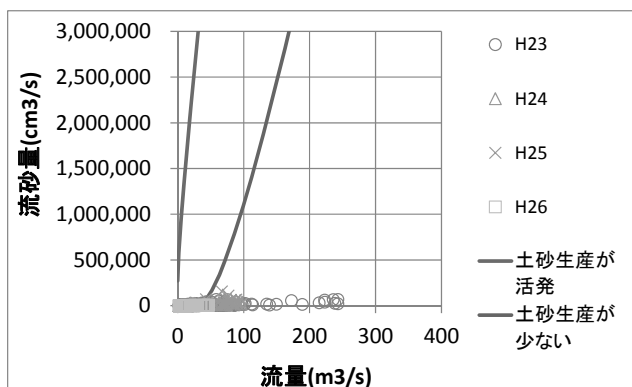


図-6 富士川砂防_大武川第50床固地点

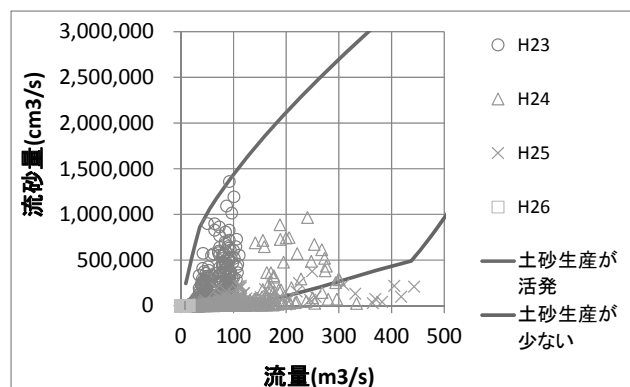


図-7 利根水系砂防_鎌田地点

富士川砂防管内の釜無川支川である大武川は、近年、上流域で砂防施設の整備が進められ、また近年大きな出水による土砂生産のイベントも発生していないため、土砂生産が少なく、全体的に沈静化していると伺える。一方、利根水系砂防の片品川に位置する鎌田観測地点は、上流側に平成23年の台風出水で土砂生産があり、土砂流出が活発(P線に近い)になり、その以降は大きな出水もないため、土砂流出がだんだん安静化に向かっていること(P線→A線ヘシフト)が確認される。つまり、P-A曲線は、流域の土砂流出の実現象と概ね符合しており、土砂流出の状況が概ね説明できることを示している。

5. まとめと今後の課題

本稿では、①ハイドロフォンの観測レベルの現状を把握するため、現地データ等により、定性的には土砂流出状況を表現出来ることを確認した。しかし、②定量的には一般的な理論式による計算結果やピットでの観測結果等と比較し、未だ精度は不十分であり、その原因は出水中の代表粒径に多くよるものと考えた。さらには、その考え方をういて、③ハイドロフォンデータのQ~Qs曲線の履歴線から、土砂流出状況とその変化が表現出来る可能性を確認した。

今後、さらに観測データが蓄積され、分析、活用方法が考案され、土砂防災、流域監視技術に活用されることが期待される。謝辞: 本検討にあたり、データ提供等においてご協力いただきました富士川砂防事務所、利根川水系砂防事務所、技術指導いただきました国総研砂防研究室に対し、ここに記して感謝申し上げます。